

N₂-Fixierleistung und N-Flächenbilanzsaldo beim Anbau von Luzerne, Rotklee und Persischem Klee

Nitrogen fixation and nitrogen balance in lucerne, red clover and Persian clover

R. Jung¹, K. Schmidtke², R. Rauber¹

Key words: nitrogen fixation, nitrogen balance, forage legumes

Schlüsselwörter: Stickstoff-Fixierung, Stickstoff-Flächenbilanz, Futterleguminosen

Abstract:

Atmospheric N₂ fixation by lucerne (*Medicago sativa*), red clover (*Trifolium pratense*) and Persian clover (*Trifolium resupinatum*) were determined in a field study carried out from 1999 to 2000 at three different sites in Lower Saxony, Germany. Simplified nitrogen balance (nitrogen fixed symbiotically in shoots, stubble and roots minus the nitrogen in herbage yield) was calculated using nitrogen data from field studies. Three varieties each of lucerne and red clover, as well as two varieties of Persian clover, were cultivated in pure stands. The forage yield was removed from field plots after each cutting (three or four cuttings per year). The level of symbiotically fixed nitrogen (determined with natural ¹⁵N abundance method) which was accumulated in the shoots and roots of lucerne ranged from 20 to 455 kg ha⁻¹ a⁻¹. Nitrogen fixed by red clover varied between 149 and 442 kg ha⁻¹ a⁻¹. Persian clover as an annual crop accumulated between 42 and 177 kg N ha⁻¹ a⁻¹ from the atmosphere. Calculated nitrogen balances ranged from -69 kg N ha⁻¹ a⁻¹ (Persian clover) to +43 kg N ha⁻¹ a⁻¹ (Lucerne). A close correlation was found between the annual herbage dry matter yield and the accumulated nitrogen in the shoots and roots. Our data could be used for calculating tables which represent the expected simplified nitrogen balances in cultivated forage legumes.

Einleitung und Zielsetzung:

In einem Kooperationsprojekt des Institutes für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Göttingen mit der Landwirtschaftskammer Hannover wurden in Niedersachsen mehrjährige Feldversuche mit dem Ziel durchgeführt, verbesserte Kalkulationsverfahren zur Schätzung der symbiotischen N₂-Fixierleistung und des N-Flächenbilanzsaldos beim Anbau von Futterleguminosen (*Trifolium pratense*, *Medicago sativa* und *Trifolium resupinatum*) abzuleiten. Bisher wurde zumeist nur die in der Sprossmasse enthaltene N-Menge ermittelt (z. B. BOLLER & NÖSBERGER, 1994). Um jedoch die Schätzgenauigkeit der symbiotischen N₂-Fixierleistung zu erhöhen, wurden die N-Mengen in den Ernterückständen in die Erhebungen einbezogen.

Methoden:

Die wichtigsten Kenndaten der drei Untersuchungsstandorte sind in Tabelle 1 dargestellt. Je drei Sorten des Rotklee und der Luzerne wurden im überjährigen Anbau (Aussaat: August) geprüft. Ferner wurden zwei Sorten Persischer Klee angebaut (Aussaat: April). Die Futterleguminosen unterlagen einer 3- oder 4-Schnittnutzung. Das Schnittgut wurde nach jeder Ernte von der Fläche entfernt.

¹ Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Georg-August-Universität Göttingen, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen, E-Mail: rjung@gwdg.de ; rrauber@gwdg.de

² Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden (FH), Stiftungsprofessur Ökologischer Landbau, Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden, E-mail: schmidt@pillnitz.htw-dresden.de

Jahreserträge und Gesamt-N-Akkumulationen wurden aus der Summe der in Spross (Schnittgut mit Stoppeln) und Wurzel (Bohrkernmethode mit Rammkernsonden, Innendurchmesser 8,7 cm; Länge 50 cm; vier Einstiche pro Wiederholung) erfassten N-Mengen ermittelt. Die Ernterückstände (Stoppeln und Wurzeln) wurden zum letzten Schnitttermin am Ende der Vegetationsperiode zusätzlich erfasst.

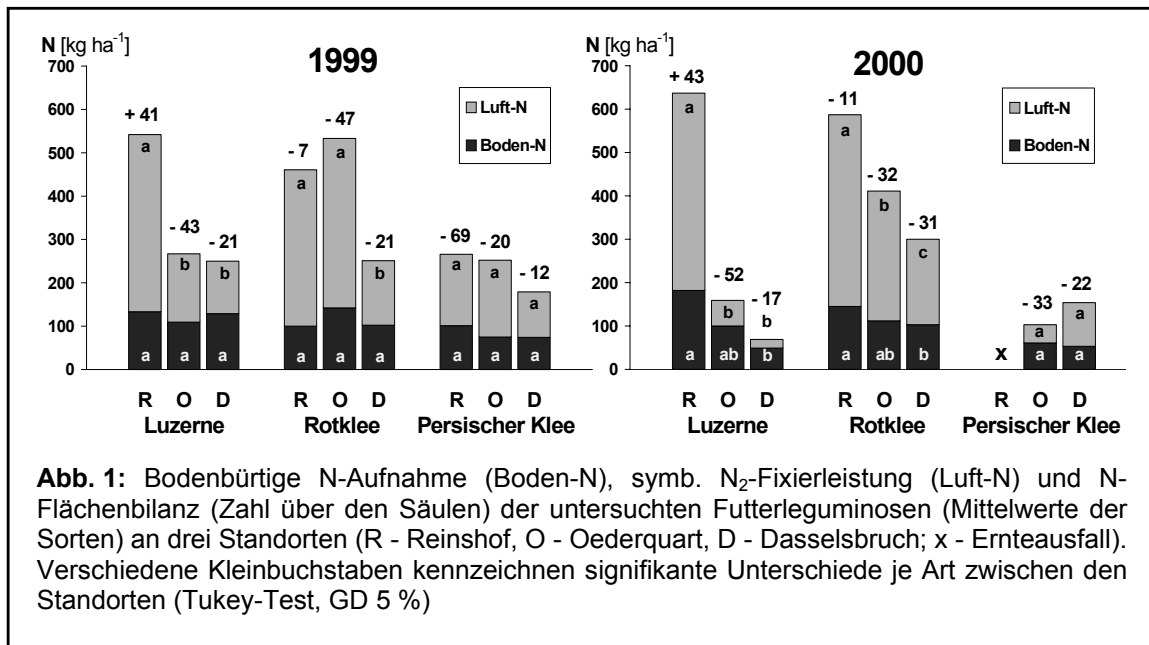
Tab. 1: Untersuchungsstandorte in Niedersachsen

| Standort | Reinshof | Oederquart | Dasselsbruch |
|----------------|-----------|------------|--------------|
| Landkreis | Göttingen | Stade | Celle |
| Bodentyp | Auenlehm | Marsch | Treposol |
| Bodenart | Ut4 | Tu | Ss / mS |
| pH-Wert | 6,9 | 7,0 | 5,6 |
| Ø Niederschlag | 647 mm | 810 mm | 692 mm |
| Nieders. 1999 | 612 mm | 814 mm | 440 mm |
| Nieders. 2000 | 572 mm | 754 mm | 513 mm |

Die symbiotischen N_2 -Fixierleistungen sowie die Boden-N-Aufnahmen der Leguminosen wurden mit Hilfe von ^{15}N -Methoden geschätzt (McAULIFFE et al., 1958; SHEARER & KOHL, 1986). Die Summe der N-Aufnahme aus Boden und Luft ergab die gesamt-pflanzlich akkumulierte N-Menge (NBt). Für den überjährigen Anbau des Rotklee und der Luzerne wurde Wiesenschwingel (*Festuca pratensis*), für den einjährigen Anbau des Persischen Klee wurde Welsches Weidelgras (*Lolium multiflorum* ssp. *italicum*) als Referenzpflanze eingesetzt. Vereinfachte N-Flächenbilanzsalden wurden nach SCHMIDTKE (1996) ermittelt: Differenz aus N-Zufuhr (luftbürtige N-Menge in Spross und Wurzel) und N-Entzug (im Schnittgut enthaltene N-Menge aus Luft und Boden). Detaillierte Beschreibungen zum Gesamtprojekt finden sich bei JUNG (2003).

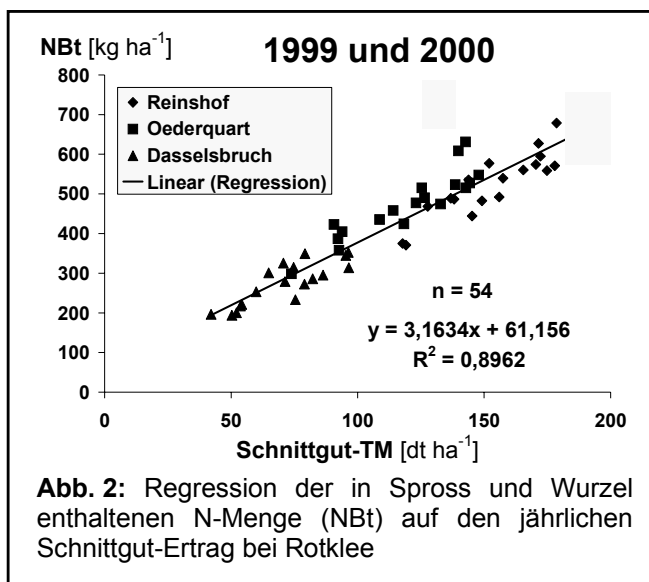
Ergebnisse und Diskussion:

Die N_2 -Fixierleistungen und die N-Flächenbilanzsalden (jeweils Mittelwerte der Sorten) waren am Standort Reinshof in der Regel am höchsten. Luzerne zeigte in beiden Versuchsjahren am Standort Reinshof mit 409 bzw. 455 kg N ha⁻¹ die höchste N_2 -Fixierleistung. An den Standorten Oederquart und Dasselsbruch war die Luzerne den beiden anderen Arten gewöhnlich unterlegen (Abb. 1). Dies kann mit dem Klima, niedrigen pH-Werten oder mit dem Mangel an artspezifischen Rhizobien-Stämmen erklärt werden. Die von Rotklee symbiotisch fixierte N-Menge (Spannweite: 149 bis 442 kg N ha⁻¹) unterschied sich zwischen den Standorten signifikant (Ausnahme: Reinshof und Oederquart im Jahr 1999). Persischer Klee zeigte durchschnittlich geringere N_2 -Fixierleistungen (zwischen 42 und 177 kg N ha⁻¹) als Luzerne und Rotklee. Die Boden-N-Aufnahme der Futterleguminosen lag zwischen 49 kg N ha⁻¹ a⁻¹ (Luzerne 1999, Standort Dasselsbruch) und 182 kg N ha⁻¹ a⁻¹ (Luzerne 2000, Standort Reinshof). Nmin-Vorräte im Boden wurden vor allem von der tief wurzelnden Luzerne selbst auf dem schweren Marschboden (Oederquart) gut ausgenutzt. Signifikante Unterschiede zwischen den Sorten waren bezüglich N_2 -Fixierleistungen und Boden-N-Aufnahme nur selten zu beobachten. Lediglich am Standort Dasselsbruch wurde im Jahr 1999 bei einer tetraploiden Rotklee-Sorte eine signifikant höhere N_2 -Fixierleistung festgestellt als bei den zwei untersuchten diploiden Rotklee-Sorten.



Die hier ermittelten gesamt-pflanzlichen N_2 -Fixierleistungen liegen in einigen Fällen höher als in der Literatur beschrieben (CARLSSON & HUSS-DANELL, 2003). Dies ist u. a. auf die Einbeziehung der nicht erntbaren Ernterückstände zurückzuführen.

Der in Abb. 2 für Rotklee beispielhaft gezeigte enge Zusammenhang zwischen gesamt-pflanzlicher N-Akkumulation (NBt) und dem jährlichen Schnittgut-Ertrag kann zur Ableitung von Kalkulationstabellen genutzt werden (JUNG, 2003). Schnittgutertrag und das Angebot an pflanzenverfügbarem N im Boden fließen in die Kalkulation ein.



Die untersuchten über- bzw. einjährigen Reinsaatensorten zeigten fast immer negative N-Flächenbilanzsalden (Ausnahme: Luzerne am Standort Reinshof). Mit dem Erntegut wurde zumeist mehr N der Fläche entzogen, als durch die N_2 -Fixierung zugeführt wurde (Abb. 1). SCHMIDTKE (1999) beobachtete ebenfalls leicht negative N-Salden in Höhe von -17 kg N ha^{-1} (Luzerne) und -13 kg N ha^{-1} (Rotklee) nach einjährigem Anbau. Ferner ermittelten REITER et al. (2002) nach einjährigem Anbau von Rotklee N-Salden zwischen -65 und -15 kg N ha^{-1} .

Die ermittelten negativen N-Flächenbilanzsalden beim Anbau von Futterleguminosen sind ohne die Berücksichtigung der während der Vegetationsperiode anfallenden N-Mengen aus der Rhizodeposition erstellt worden (SCHMIDTKE, 1999; JUNG, 2003). Bei Gefäßversuchen mit Körnerleguminosen konnten MAYER et al. (2003) N-Rhizodeposition nachweisen. Für Futterleguminosen liegen diesbezüglich nur wenige, teilweise widersprüchliche Daten vor (HØGH-JENSEN & SCHJØRRING, 2001; SCHMIDTKE, 2001).

Schlussfolgerungen:

Treffgenauere Schätzungen der N₂-Fixierleistung sowie der gesamtpflanzlich akkumulierten N-Menge sind möglich, wenn neben der Sprossmasse die Ernterückstände (i.e.S. Wurzeln und Stoppeln) hinreichend berücksichtigt werden.

Kalkulationstabellen ermöglichen die Angabe von zu erwartenden N-Flächenbilanzsalden beim Anbau von Futterleguminosen.

Zur weiteren Verbesserung der N-Bilanzierung sollte der Quantifizierung der N-Rhizodeposition bei Futterleguminosen in Zukunft verstärkt Aufmerksamkeit gewidmet werden.

Literatur:

Boller B C, Nösberger J (1994) Differences in nitrogen fixation among field-grown red clover strains at different levels of ¹⁵N fertilization. *Euphytica* 78: 167-174

Carlsson G, Huss-Danell K (2003) Nitrogen fixation in perennial legumes in the field. *Plant Soil* 253: 353–372

Høgh-Jensen H, Schjørring J K (2001) Rhizodeposition of nitrogen by red clover, white clover and ryegrass leys. *Soil Biol Biochem* 33: 439-448

Jung R (2003) Stickstoff-Fixierleistung von Luzerne (*Medicago sativa* L.), Rotklee (*Trifolium pratense* L.) und Persischem Klee (*Trifolium resupinatum* L.) in Reinsaat und Gemenge mit Poaceen - Experimentelle Grundlagen und Kalkulationsverfahren zur Ermittlung der Stickstoff-Flächenbilanz. Dissertation Universität Göttingen: 1-350 http://webdoc.sub.gwdg.de/diss/2003/jung_ruediger

Mayer J, Buegger F, Jensen E S, Schlöter M, Heß J (2003) Estimating N rhizodeposition of grain legumes using a ¹⁵N in situ stem labelling method. *Soil Biol Biochem* 35: 21-28

McAuliffe C, Chamblee D S, Uribe-Arango H, Woodhouse W W, (1958) Influence of inorganic nitrogen on nitrogen fixation by legumes as revealed by ¹⁵N. *Agron J* 50: 334-337

Reiter K, Schmidtke K, Rauber R (2002): The influence of long-term tillage systems on symbiotic N₂ fixation of pea (*Pisum sativum* L.) and red clover (*Trifolium pratense* L.). *Plant Soil* 238: 41-55

Schmidtke K (1996) Methodik zur Ermittlung der N-Flächenbilanz beim Anbau von Leguminosen. *Mitt Ges Pflanzenbauwiss* 9: 43-44

Schmidtke K (1999) N-Flächenbilanz beim Anbau von Futter- und Körnerleguminosen. In: Hoffmann H, Müller S (eds) Beiträge 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, Berlin: 234-238

Schmidtke K (2001) Umweltgerechter Anbau von Leguminosen – Entwicklung und Anwendung eines Verfahrens zur Quantifizierung der N-Flächenbilanz (Az 07312). Abschlußbericht des Forschungsvorhabens, gefördert von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt, Osnabrück (Dezember 2001): 1-234

Shearer G, Kohl, D H (1986) N₂ fixation in field settings: estimation based on natural ¹⁵N abundance. *Aust J Plant Physiol* 13: 699-756